

**ANALISIS PERHITUNGAN OCR (*OVER CURRENT RELAY*) SISTEM
PROTEKSI PADA TRAFO GT 15/150 kV *STEAM TURBINE GENERATOR* 2.0
PT. INDONESIA POWER SEMARANG PGU**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

MUFHID ANGGA MANDALA

D400160058

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN ,

**ANALISIS PERHITUNGAN OCR (*OVER CURRENT RELAY*) SISTEM
PROTEKSI PADA TRAFU GT 15/150 kV *STEAM TURBINE GENERATOR 2.0*
PT. INDONESIA POWER SEMARANG PGU**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

MUFHID ANGGA MANDALA

D 400 160 058

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:



Dosen Pembimbing

Umar, S.T., M.T

NIK.731

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PERHITUNGAN OCR (*OVER CURRENT RELAY*) SISTEM
PROTEKSI PADA TRAF0 GT 15/150 kV *STEAM TURBINE GENERATOR* 2.0
PT. INDONESIA POWER SEMARANG PGU**

OLEH

MUFHID ANGGA MANDALA

D 400 160 058

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik prodi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Senin, 11 Mei 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

1. Umar S.T, M.T

(Ketua Dewan Penguji)

()

2. Ir. Jatmiko, M.T

(Anggota I Dewan Penguji)

()

3. Aris Budiman S.T, M.T

(Anggota II Dewan Penguji)

()

Dekan,


Ir. Sri Sunarjono M.T, Ph.D
NIK. 682

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggung jawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 11 Mei 2020

Penulis



MUFHID ANGGA MANDALA
D400160058

ANALISIS PERHITUNGAN OCR (*OVER CURRENT RELAY*) SISTEM PROTEKSI PADA TRAFO GT 150/15 kV STEAM TURBINE GENERATOR 2.0 PT. INDONESIA POWER SEMARANG PGU

Abstrak

Semakin pesat perkembangan teknologi saat ini, ketersediaan energi listrik harus terpenuhi dengan sangat baik. Listrik merupakan sumber energi yang sangat dibutuhkan peranannya dalam kehidupan sehari-hari. Telah diketahui bahwasanya hampir semua kegiatan manusia membutuhkan energi listrik. Penyaluran dan pendistribusian tenaga listrik tidak lepas dari suatu sistem proteksi agar terhindar dari resiko gangguan yang tentunya tidak diinginkan. Demi memenuhi keandalan ketersediaan dan penyaluran energi listrik, kebutuhan sistem proteksi yang memadai harus sangat mutlak diperlukan. Fungsi utama dari peralatan sistem proteksi adalah untuk mengidentifikasi atau mendeteksi adanya gangguan serta memisahkan bagian jaringan yang terganggu dari bagian lain yang masih dalam keadaan normal dan sekaligus mengamankan bagian dari kerusakan yang dapat menyebabkan kerugian yang lebih besar. Dibutuhkan sistem proteksi yang memenuhi syarat diantaranya yaitu sensitivitas, selektivitas, cepat dan handal yang semuanya bisa didapatkan dengan ketepatan pengaturan peralatan proteksinya. Peralatan proteksi yang digunakan adalah *Over Current Relay* (OCR). Fungsi dari OCR ini adalah mendeteksi adanya gangguan dengan cara mengamankan peralatan listrik akibat adanya gangguan fasa ke fasa, serta dapat digunakan sebagai pengaman beban lebih dengan menginstruksikan ke pemutus tenaga agar dapat membuka ketika terjadi gangguan sesuai dengan karakteristik waktunya. Analisa yang dilakukan bertujuan untuk menghitung besaran arus gangguan hubung singkat kemudian menentukan pengaturan nilai rele proteksi serta membandingkan dengan pengaturan rele yang ada di lapangan. Berdasarkan hasil perbandingan dan perhitungan pada rele Transformator Daya adalah 0,707 detik pada hasil perhitungan dan 0,615 detik pada data pengujian rele transformator . Hal ini menunjukkan bahwa kondisi rele yang digunakan masih dalam kondisi baik atau bekerja sesuai dengan pengaturan nilai rele.

Kata Kunci: transformator, rele arus lebih, proteksi, listrik

Abstract

The rapid development of technology today, the availability of electrical energy must be met very well. Electricity is a source of energy that is needed for its role in daily life. It is known that almost all human activities require electrical energy. The distribution and distribution of electric power cannot be separated from a

protection system in order to avoid the risk of interference which is certainly not desirable. To meet the reliability of the availability and distribution of electrical energy, the need for an adequate protection system must be absolutely necessary. The main function of the protection system equipment is to identify or detect interference and separate the affected part of the network from other parts that are still in a normal state and at the same time secure the part of damage that can cause greater losses. A protection system is needed that meets the requirements including sensitivity, selectivity, fast and reliable all of which can be obtained with the accuracy of the protection equipment settings. The protective equipment used is Over Current Relay (OCR). The function of this OCR is to detect interference by securing electrical equipment due to phase-to-phase interference, and can be used as a safety overload by instructing the power breaker to be able to open when interference occurs according to the time characteristics. The analysis carried out aims to calculate the magnitude of the short-circuit fault current then determine the protection relay settings and compare with the relay settings in the field. Based on the results of comparisons and calculations on the Power Transformform relay is 0.707 seconds on the calculation results and 0.615 seconds on the transformer relay testing data. This shows that the relay condition used is still in good condition or working in accordance with the relay value setting.

Kata Kunci: transformer, overcurrent relay, protection, electricity

1. PENDAHULUAN

Alat proteksi pada STL (Sistem Tenaga Listrik) merupakan bagian yang penting di bidang ketengalistrikan seperti pada PT. Indonesia Power Semarang PGU (Power Generation Unit) Pembangkitan Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) yang berada di Jl. Coaster Ronggowarsito Komplek Pelabuhan, Tj. Mas, Kecamatan Semarang Utara, Kota Semarang, Jawa Tengah 50174. Ditinjau dari segi bahasa, yang dimaksud pembangkit adalah sesuatu yang membangkitkan atau alat untuk membangkitkan sesuatu. Dalam suatu sistem tenaga listrik yang dimaksud pembangkit tenaga listrik adalah suatu alat atau peralatan yang berfungsi untuk membangkitkan tenaga listrik dengan cara mengubah energi potensial menjadi tenaga mekanik, selanjutnya menjadi tenaga listrik. Prinsip dasarnya PLTGU adalah gabungan dari PLTG dan PLTU yang dikombinasikan, PLTGU sangat efektif dikarenakan pemanfaatan energi yang sangat efisien,

dengan menggunakan satu macam bahan bakar dapat menggerakkan dua turbin, yaitu turbin gas dan turbin uap. Panas gas yang dihasilkan dari GTG (*Gas Turbine Generator*) yang suhunya masih mencapai 560 derajat Celcius dimanfaatkan untuk menghasilkan uap dimana hasil uap yang dihasilkan masih berupa uap basah. Bagian yang digunakan untuk menghasilkan uap adalah HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*) adalah memanfaatkan gas buang dari GTG yang masih tinggi untuk dipanaskan kembali sehingga menjadi uap jenuh kering untuk menggerakkan turbin uap, kemudian digunakan sebagai fluida kerja di STG (*Steam Turbine Generator*). Uap jenuh kering inilah yang digunakan untuk memutar sudu (baling-baling) yang berada dalam turbin tersebut untuk menggerakkan generator yang merupakan satu poros, sehingga generator dapat berputar yang akan mengubahnya menjadi energi listrik. Generator tersambung ke trafo GT (*Generator Transformer*) yang merupakan trafo *step up* untuk mengalirkan listrik ke jaringan interkoneksi.

Transformator atau biasa yang disebut trafo adalah salah satu komponen yang paling penting dalam system tenaga listrik dan terdapat pada Sistem Pembangkitan (Pusat Listrik atau *Power Plant*), Sistem Transmisi (Penyaluran) maupun pada Sistem Distribusi (Eko Putra, 2016). Transformator berfungsi untuk menstransformasikan daya listrik dari suatu level tegangan ke level tegangan yang lain atau berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan listrik (Pafela & Hamdani, 2017). Pembangkitan Listrik terdapat beberapa jenis Transformator tenaga dan dapat dibedakan berdasarkan fungsinya. Salah satunya adalah Trafo GT atau *Generator Transformer* adalah Transformator Daya yang dihubungkan langsung dengan panel keluaran generator. Transformator *step-up* berfungsi untuk menaikkan tegangan keluaran (*outgoing*) dari generator menjadi tegangan yang lebih tinggi, bergantung dari sistem tegangan dari pusat pembangkitan listrik itu sendiri. Transformator *step-up* bertujuan untuk mengurangi jumlah rugi-rugi daya listrik (*losses*) pada jaringan transmisi (Husodo & Muhalan, 2015). Sisi *Low Voltage* Transformator

dihubungkan langsung dengan panel keluaran generator, sedangkan sisi *High Voltage* transformator dihubungkan dengan jaringan interkoneksi atau gardu induk. Dalam pusat pembangkitan listrik berskala besar, umumnya transformator dilengkapi dengan pendingin, minyak dan kipas. Selain itu, transformator dilengkapi dengan sistem proteksi yang bertujuan mengamankan peralatan instalasi terhadap gangguan, juga berfungsi melokalisir adanya gangguan. Pemutus Tenaga (PMT) adalah alat sistem proteksi yang memudahkan memutus dan menghubungkan suatu rangkaian dalam sistem tenaga listrik baik dalam kondisi terhubung dengan beban maupun pada saat keadaan ada gangguan (I.M Aris Sastrawan. 2010). Gangguan hubung singkat dapat menimbulkan arus yang besar dan dapat merusak peralatan sehingga diperlukan sistem pengaman atau sistem proteksi. Rele proteksi merupakan salah satu alat proteksi yang bekerja mengamankan dan mengisolasi area yang terdampak gangguan serta menjaga area yang tidak mengalami gangguan tetap menjalankan fungsinya. Pengaturan proteksi merupakan bagian yang terpenting dalam sistem tenaga listrik karena untuk memastikan operasi sistem daya yang berkualitas dan andal, kesalahan listrik harus diminimalisir dalam waktu singkat, yang dapat dicapai dengan koordinasi yang tepat antara rele proteksi (Abdulfetah, 2017). Gangguan hubung singkat tersebut memang kecil tetapi berpengaruh terhadap sistem penyaluran tenaga listrik (Boutsika & Papathanassiou, 2008) ,oleh karena itu diperlukan cara menghitung arus gangguan hubung singkat yang dapat segera membantu dalam perhitungan pengaturan nilai proteksi.

Arus hubung singkat yang biasa terjadi dalam sistem kelistrikan yaitu arus hubung singkat dua fasa, hubung singkat tiga fasa dan arus hubung singkat fasa ke tanah. Semua arus hubung singkat tersebut diitung menggunakan rumus dasar yaitu:

$$I = \frac{V}{Z} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

I = arus gangguan hubung singkat (Ampere)

V = tegangan (Volt)

Z = impedansi dari sumber ke titik gangguan (Ohm)

2. METODE

2.1 Studi literatur

Studi literatur merupakan langkah yang dimaksudkan untuk mencari jurnal, artikel, data dan mempelajari buku-buku sebagai referensi yang berhubungan dengan topik judul penelitian tugas akhir.

2.2 Pengambilan data

Pengumpulan data dilakukan di PT. Indonesia Power Semarang PGU sehingga didapatkan nilai-nilai sebagai bahan analisa selanjutnya.

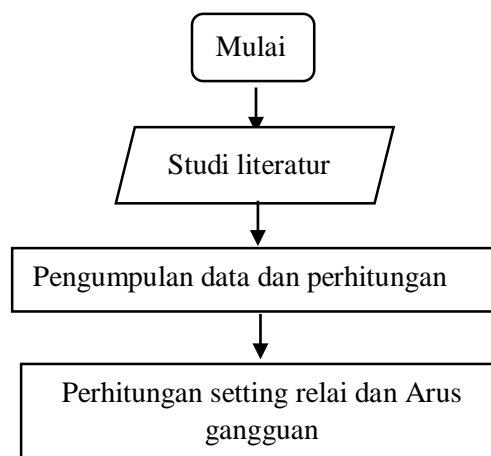
2.3 Perhitungan data

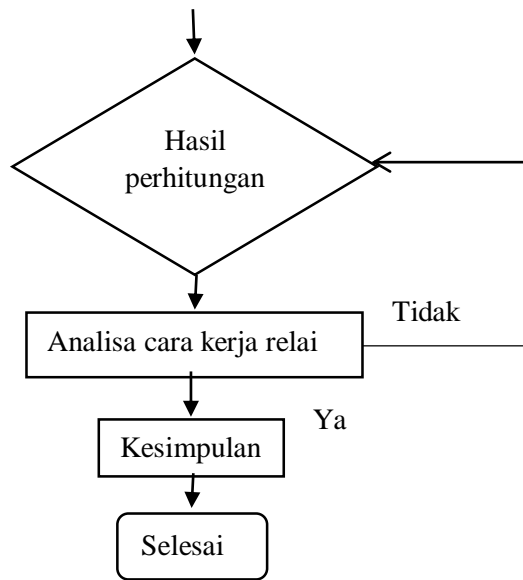
Perhitungan dilakukan dengan tujuan mendapatkan nilai yang dibutuhkan dalam pengaturan sistem proteksi dimana hasil yang diperoleh menggunakan metode-metode yang berbeda.

2.4 Analisa hasil

Analisa dari hasil perhitungan yang telah dihitung dan didapatkan kemudian dibandingkan dengan data yang ada di lapangan yang nantinya diambil kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

2.5 Flowchart





Gambar 1. Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Agar dapat menghitung arus gangguan hubung singkat diperlukan data-data yang berhubungan dengan perhitungan arus gangguan hubung singkat, berikut merupakan beberapa data yang diambil pada *Main Transformer Steam Turbine Generator 2.0* milik PT. Indonesia Power Semarang PGU.

Data Trafo Tenaga:

Merk	: DAIHEN Corporation
Rating Daya	: 150/200/250 MVA
Rating tegangan	: 15/150 kV
Fase	: 3
Frekuensi	: 50 Hz
Tegangan impedansi	: 8,20/10,9/13,7%
Ratio CT	: 12000/5 A
Arus nominal	: 962/9623 A
Tipe pendingin	: ONAN/ONAF/ODAF

Hubungan belitan : YNd11
 Tahun produksi : Maret 1996
 Tempat produksi : Osaka, Japan

3.1 Menghitung Impedansi Sumber

Untuk menghitung besar nilai impedansi sumber (X_s) terlebih dahulu harus mencari (MVA_{SC}) menggunakan persamaan rumus :

$$MVA_{SC} = \sqrt{3} \times I_{sc(15kV)} \times V_{ph(150kV)}$$

Dimana :

$I_{SC(15kV)}$ = Arus hubung singkat disisi 15 kV

$V_{ph(150kV)}$ = Tegangan (fasa-fasa) di sisi 150 kV

Pada teknisnya nilai arus hubung singkat disisi *Low Voltage* 15 kV (I_{sc}) sebesar 20 kA dan untuk tegangan disisi *High Voltage* sebesar 150 kV, maka diperoleh nilai (MVA_{SC}) sebagai berikut :

$$MVA_{SC} = \sqrt{3} \times I_{SC(15kV)} \times V_{ph(150kV)}$$

$$MVA_{SC} = \sqrt{3} \times 20 \text{ kA} \times 150 \text{ kV}$$

$$MVA_{SC} = 5196,15 \text{ MVA}$$

Setelah diperoleh nilai (MVA_{SC}), maka nilai impedansi sumber sisi *High Voltage* 150 kV dapat dihitung menggunakan rumus persamaan dibawah ini :

$$X_s \text{ (sisi 150 kV)} = \frac{kV \text{ (sisi High Voltage trafo)}^2}{MVA \text{ hubung singkat (} MVA_{SC} \text{)}}$$

$$X_s \text{ (sisi 150 kV)} = \frac{150 \text{ kV}^2}{5196,15}$$

$$X_s \text{ (sisi 150 kV)} = 4,330 \Omega$$

Karena untuk mencari arus hubung singkat pada sisi *Low Voltage* 15 kV, maka nilai impedansi sumber yang digunakan adalah nilai impedansi sumber sisi

Low Voltage 15 kV, cara menghitung impedansi sumber sisi *Low Voltage* 15 kV menggunakan persamaan rumus seperti mencari impedansi sumber sisi *High Voltage* 150 kV sebelumnya, berikut merupakan hasil perhitungan impedansi sumber sisi *Low Voltage* 15 kV :

$$X_S \text{ (sisi 15 kV)} = \frac{kV \text{ (sisi Low Voltage trafo)}^2}{MVA \text{ hubung singkat (MVASC)}}$$

$$X_S \text{ (sisi 15 kV)} = \frac{15 \text{ kV}^2}{5196,15}$$

$$X_S \text{ (sisi 15 kV)} = 0,043 \Omega$$

3.2 Menghitung Reaktansi Transformator

Besarnya reaktansi transformator di Generator Transformers adalah :

$$X_t \text{ (pada 100\%)} = \frac{kV^2 \text{ sisi Low Voltage}}{MVA \text{ Trafo}}$$

$$X_t \text{ (pada 100\%)} = \frac{15 \text{ kV}^2}{150} = 1,5 \Omega$$

Nilai reaktansi transformator daya

- Reaktansi urutan positif dan negative ($X_{t1}=X_{t2}$)

$$X_{t1} = \text{Impedansi Transformator} \times X_{t(100\%)}$$

$$X_{t1} = 8,20\% \times 0,043 \Omega$$

$$X_{t1} = 0,123 \Omega$$

- Reaktansi urutan nol (X_{t0})

Karena transformator daya ini memiliki belitan Ynd11 artinya Y atau y artinya hubungan belitan bintang, dan D atau d artinya belitan delta.

Khusus untuk hubungan trafo Y atau y ditemukan penamaanya disertakan dengan tambahan huruf N atau n yang menandakan bahwa titik netral yang dihasilkan dari hubungan belitan bintang pada trafo tersebut dimanfaatkan atau digunakan

untuk beberapa keperluan. Berdasarkan standar internasional dari IEC 60076-1 (*International Electrotechnical Commission*) tentang vector grup trafo telah dinyatakan bahwa “Notasi penamaan Vektor grup trafo selalu berurutan HV-LV. Sebagai contoh, sebuah transformator *step-up* dengan hubungan delta di lilitan sekunder dan terhubung wye (bintang) di lilitan primer, ditulis sebagai ‘Dy’, angka 1 menunjukkan bahwa lilitan LV tertinggal dari lilitan HV sebesar 30°”

Pada trafo pembangkit *Generator Transformers* tertulis vector grup trafo Ynd11, maka belitan star (Y) di lilitan primer, dan hubungan belitan delta (d) di lilitan primer. Kita harus membacanya mengikuti standar IEC yaitu : Hubungan belitan star di lilitan *High Voltage* (HV di trafo step up ada pada lilitan sekunder), dan hubungan belitan delta di lilitan *Low Voltage* (LV di trafo step up ada pada lilitan primer).

Kapasitas delta sama dengan kapasitas bintang $X_{t0}=X_{t1}$ berlaku pada trafo unit.

Trafo tenaga pada *Generator Transformers* berkisar antara 9 sampai dengan 14 x X_{t1} , perhitungan diambil nilai X_{t0} lebih dari 10 x X_{t1} .

Jadi $X_{t0} = 10 \times 0,123 = 1,23 \Omega$

3.3 Menghitung Impedansi Ekivalen

Perhitungan $Z_{1eq}=Z_{2eq}$

$$= Z_s \text{ (sisi 15 kV)} + Z_t$$

$$= j 0,043 + j 0,123$$

$$= j 0,166 \Omega$$

3.4 Gangguan hubung singkat 3 fasa

Rumus dasar yang digunakan untuk menghubungkan besarnya arus gangguan hubung singkar 3 fasa adalah:

$$I = \frac{V}{Z}$$

Dimana :

I = Arus gangguan 3 fasa

V = Tegangan fasa ke sisi 15 kV

$$= \frac{15.000}{\sqrt{3}} = V_{ph}$$

Z = Impedansi urutan positif 0^2

Sehingga arus gangguan hubung singkat 3 fasa dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I_{3 \text{ fasa}} &= \frac{V_{ph}}{Z_{1eq}} = \frac{15.000}{\frac{\sqrt{3}}{Z_{1eq}}} = \frac{8660,2}{Z_{1eq}} \\ &= \frac{8660,2}{0 + j0,166} = \frac{8660,2}{\sqrt{0^2 + 0,166^2}} \\ &= \frac{8660,2}{0,166} = 52169,8 \text{ A} \end{aligned}$$

3.5 Gangguan hubung singkat 2 fasa

Rumus dasar yang digunakan untuk menghitung besarnya arus gangguan hubung singkat 2 fasa, adalah :

$$I = \frac{V}{Z}$$

Dimana :

I = Arus gangguan hubung singkat 3 fasa

V = Tegangan fasa-fasa sistem 15 kV

$$= \frac{15.000}{\sqrt{3}} = V_{ph}$$

Z = Jumlah impedansi urutan positif (Z_{1eq}) dan urutan negative (Z_{2eq})

Sehingga arus gangguan hubung singkat 2 fasa dapat dihitung sebagai berikut :

$$I_{2 \text{ fasa}} = \frac{V_{ph-ph}}{Z_{1eq} - Z_{2eq}} = \frac{15.000}{Z_{1eq} + Z_{2eq}}$$

Dalam hal ini dianggap nilai $Z_{1eq} = Z_{2eq}$, sehingga persamaan arus hubung singkat 2 fasa diatas dapat disederhanakan menjadi :

$$\begin{aligned} I_{2fasa} &= \frac{V_{ph-ph}}{2 \times Z_{1eq}} \\ &= \frac{15.000}{2 \times (0 + j 0,166)} \\ &= \frac{15.000}{17.566,4} \\ &= 45180,7 \text{ A} \end{aligned}$$

Perhitungan arus gangguan hubung singkat ini, (3 fasa dan 2 fasa), dapat digunakan sebagai penyetelan relai arus lebih

3.6 Setelan rele OCR di sisi *Low Voltage* 15 kV

3.6.1 Setelan Rele Arus Lebih (OCR)

Untuk setelan rele yang terpasang di sisi primer Transformator dihitung berdasarkan arus beban maksimum. Untuk rele Inverse biasa di set sebesar 1,05 sampai dengan 1,5 x Imaksimal. Persyaratan lain yang harus dipenuhi yaitu untuk penyetelan waktu minimum dari rele arus lebih (terutama) di sisi primer transformator tidak lebih kecil dari 0,8sec). Keputusan ini diambil agar rele tidak sampai trip lagi akibat adanya arus Inrush dari Transformator yang sudah tersambung pada jaringan interkoneksi, pada saat PMT tersebut dimasukkan.

Penentuan setelan rele arus lebih (OCR) pada sisi *Low Voltage* 15 kV trafo tenaga, yaitu harus diketahui terlebih dahulu nilai arus nominal trafo tenaga tersebut.

Dari data yang diperoleh :

Kapasitas = 150/200/250 MVA

Tegangan = 15/150 kV

Impedansi = 8,20/10,9/13,7%

$$\text{Rasio CT} = 12000/5 \text{ A}$$

Setelan arus

Arus nominal trafo pada sisi *Low Voltage* 15 kV :

$$\begin{aligned} I_n (\text{sisi } 15 \text{ kV}) &= \frac{KVA}{kV \sqrt{3}} \\ &= \frac{150000}{15 \sqrt{3}} \\ &= 5773,6 \text{ A} \end{aligned}$$

Nilai setelan pada sisi *incoming* untuk relay OCR di trafo :

$$I_{\text{set primer}} = 1,5 \times I_n$$

$$I_{\text{set primer}} = 1,5 \times 5773,6 \text{ kA}$$

$$I_{\text{set primer}} = 8660,4 \text{ Ampere}$$

Perhitungan nilai arus tersebut merupakan nilai setelan pada sisi *Low Voltage*, sedangkan nilai yang akan disetkan pada rele adalah nilai *Low Voltage*. Oleh karena itu, perhitungan menggunakan nilai rasio trafo arus yang terpasang pada sisi *Low Voltage*.

Nilai setelan pada sisi *Low Voltage* trafo :

$$= I_{\text{set}} (\text{Low Voltage}) \cdot \frac{1}{\text{Rasio CT}}$$

$$= 8660,4 \times \frac{5}{12.000}$$

$$= 3,608 \text{ A}$$

$$= \text{Dibulatkan menjadi } 4 \text{ A, arus CT masih dibawah } 5 \text{ A}$$

3.6.2 Setting TMS (Time Multiplier Setting)

Arus gangguan yang dipilih untuk menentukan besarnya setting TMS (*Time Multiplier Setting*) pada rele OCR di sisi *Low Voltage* 15 kV pada

Transformator Tenaga yaitu arus gangguan hubung singkat tiga fasa di 0% panjang jaringan. Waktu kerja paling hilir yang ditetapkan $t = 0,7$ sec.

Setelah menemukan nilai setting arus untuk rele arus lebih sisi *Low Voltage*, selanjutnya data yang diperoleh saat observasi yaitu untuk kurva yang digunakan adalah *standard inverse* dengan arus gangguan maksimal 52169,8 A. Untuk mencari nilai setting waktu rele arus lebih bisa dicari menggunakan persamaan rumus berikut :

$$tms = \frac{t \times \left(\left(\frac{I_{fault}}{I_{set LV}} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0,14}$$

$$tms = \frac{0,7 \times \left(\left(\frac{52169,8}{8660,4} \right)^{0,02} - 1 \right)}{0,14}$$

$$tms = 0,182 \text{ s}$$

3.6.3 Waktu kerja rele OCR pada gangguan 3 fasa

Karena nilai arus gangguan hubung singkat yang didapat dari hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat adalah sisi *Low Voltage* maka dalam pemeriksaan selektifitas nilai arus Low Voltage juga diambil berikut :

Sisi *Low Voltage* 15 kV

$$t = \frac{0,14}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set}} \right)^{0,02} - 1} Tms$$

$$t = \frac{0,14}{\left(\frac{52169,8}{8660,4} \right)^{0,02} - 1} 0,182$$

$$t = 0,707 \text{ s}$$

3.6.4 Perbandingan data hasil perhitungan dengan data Existing

Generator Transformers Steam Turbine Generator

Tabel 1 Perbandingan tabel perhitungan dengan Existing

No	Rele Arus Lebih (OCR)	Data Hasil Perhitungan	Data Existing di Lapangan
1.	OCR Sisi LV (15 kV)	TMS = 0,182 Rasio CT = 12000/5 t = 0,707 s	Waktu kerja (s) 0,615 s

Dapat disimpulkan dari tabel 1, bahwa perbandingan data hasil perhitungan dengan data di lapangan (data setting OCR pada Trafo GT 150 kV *Steam Turbine Generator*, bahwa hasil perhitungan dengan data yang ada di lapangan masih dalam kondisi sesuai $0,615 - 0,202 = 0,092$ s, selisih secara bulat tidak lebih dari 0,1 detik, dari data existing dengan nilai perhitungan dapat ditarik kesimpulan secara umum bahwa keseluruhan penyetelan Rele Arus Lebih (OCR) sudah baik. Karena hasil perhitungan tersebut untuk disetkan ke penyetelan Rele OCR maka harus disesuaikan pada rele yang dipakai. Sehingga hasilnya tidak akan sama persis dengan hasil perhitungan.

4. PENUTUP

Penutup yang dapat diambil dari perhitungan dan pembahasan mengenai Analisis Perhitungan OCR (*Over Current Relay*) Sistem Proteksi pada Trafo GT 15/150 kV *Steam Turbine Generator* 2.0 PT. Indonesia Power Semarang yang dapat diambil kesimpulan adalah:

1. Hasil perhitungan dengan data yang ada di lapangan masih dalam kondisi sesuai dengan perbedaan kurang lebih 0,1 detik, sehingga dapat ditarik kesimpulan secara umum bahwa keseluruhan penyetelan Rele Arus Lebih (OCR) sudah baik. Karena hasil perhitungan tersebut untuk disetkan ke penyetelan Rele OCR maka harus disesuaikan pada rele yang dipakai.

2. Perbedaan waktu kerja antara data yang di lapangan berbeda karena karakteristik rele yang sudah lama, dan dari awal pemakaian sampai dengan sekarang belum dilakukan penggantian. Karena dianggap rele masih dalam skala yang masih layak untuk digunakan ketika arus yang melebihi batas.
3. Berdasarkan perhitungan dari OCR didapatkan hasil waktu kerja rele 0,707 detik lebih cepat dari nilai existing pada trafo sisi Low Voltage sebesar 0,615 detik.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada seluruh pihak-pihak yang membantu penulis menyelesaikan tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Allah S.W.T yang telah memberikan nikmat kesehatan, keselamatan dan hidayah kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Keluarga yang selalu memberi motivasi tersendiri dan mendoakan penulis agar diberi kelancaran dalam menulis tugas akhir ini.
3. Saudara-saudara yang selalu mendoakan dan memberi semangat agar tugas akhir ini segera selesai.
4. Bapak Umar, S.T, M.T sebagai Ketua Program Studi Teknik Elektro dan sebagai pembimbing tugas akhir saya yang memberikan saran dan masukan agar tugas akhir ini bisa selesai
5. Seluruh dosen dan staff, yang telah mengajar dan memberi ilmu kepada penulis selama penulis kuliah di Universitas Muhammadiyah Surakarta.
6. Sahabat-sahabat saya, Asep Rian Nugroho, Rizal Pangestiawan, Musti Setyadi, Sigit Prabawa, Berlian Ramadhani, Zahra Madhini, Sintia Permadani, Aldira Christyana, Aninditya, Vivi Ayu Veronica
7. Teman-teman di bangku perkuliahan, Ardiyanto, Fajar Azis Dewangga, M.Irham Harfi, Arifin Widianoro, Achmad Malik Ibrahim, Mukhlis Khoirudin, Aldi Bambang, Izaas ,Rama Tri Kurniawan, Dika Bagus, Hasnan Habibie, Ilham Abi, Andy Buwana dan Teman-teman Kos kosan

selaku teman yang selalu membantu dan menemani penulis dikala penulis kesusahan.

8. Seluruh Mahasiswa Prodi Teknik Elektro angkatan 2016 di Universitas Muhammadiyah Surakarta.
9. Bapak Agus Widiyanta, selaku Supervisor Senior Pemeliharaan Listrik & Pembimbing Magang/Mentor selama melakukan magang di PT. Indonesia Power Semarang PGU.
10. Bapak Agung Pikanandra Wibawa, selaku Supervisor Pemeliharaan Listrik Blok 2 & serta Co Mentor selama melakukan magang di PT. Indonesia Power Semarang PGU.
11. Mas Paulus Boy Candra Ginting, mas Parbinoto William, mas Indra Yogaswara, mas IGN Meidy Anadya Yasena, mas Muhammad Yusuf Hendarto, mas Derry, mas Robby Malik, mas Okky Dwi, mas Jati, mas Adi Nugroho, selaku Teknisi Pemeliharaan Listrik yang telah membimbing penulis dan ilmu yang diberikan dalam membantu kelancaran penulis untuk membuat tugas akhir dan belajar di PT Indonesia Power Semarang PGU.
12. Seluruh karyawan PT. Indonesia Power Semarang lebih khususnya kepada divisi Pemeliharaan Listrik yang telah memberikan ilmu tentang PLTGU serta membimbing selama penulis berada di tempat.
13. Semua pihak yang telah membantu penulis pada saat mengerjakan tugas akhir ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Boutsika, T. N., & Papathanassiou, S. A. (2008). Short-circuit calculations in networks with distributed generation. *Electric Power Systems Research*, 78(7), 1181–1191. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2007.10.003>
- Eko Putra, I., Arjana, G., & Partha, C. (2016). Analisis Koordinasi Setting Relay Pengaman Akibat Uprating Transformator Di Gardu Induk Gianyar. *Jurnal Ilmiah SPEKTRUM*, 2(2), 68–73.

- Husodo, B. Y., & Muhalan, M. (2015). Studi Analisa Perhitungan Dan Pengaturan Relai Arus Lebih Dan Relai Gangguan Tanah Pada Kubikel Cakra 20 Kv Di Pt Xyz. *Jurnal Teknologi Elektro*, 6(2), 100. <https://doi.org/10.22441/jte.v6i2.796>
- Pafela, E., & Hamdani, E. (2017). Studi Penyetelan Relay Arus Lebih (OCR) pada Gardu Induk Teluk Lembu Pekanbaru. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 4(1), 1–17.
- Rufi'ul Janah, P., Elektro, T., Teknik, F., & Surakarta, U. M. (2018). ANALISA PERHITUNGAN DAN PENGATURAN RELAI ARUS LEBIH DAN RELAI GANGGUAN TANAH PADA TRAFO III 60MVA 150/20 kV DI GARDU INDUK 150kV PALUR. *Jurnal Teknologi Elektro*, 1(2), 20.
- I Made Aris Sastrawan. 2010. Analisa Setting Rele Ocr (Over Current Relay) Pada Sistem 150 Kv Bali Pasca Dioperasikannya Pembangkit Celukan Bawang (Tugas Akhir). Bukit Jimbaran: Universitas Udayana.